

## IEEE 802.11 개정 트렌드 분석

## Analysis of Trends in the IEEE 802.11 Family Amendments

Young-myung Kang\*

\*Staff Researcher, Network Business, Samsung Electronics, Suwon, 16677 Korea

## ABSTRACT

Looking at the direction of the recent amendments of 802.11 family, there are two major trends. One is to enable the wireless transceivers to support the extremely high-speed wireless transmissions, which has been the mainstream so far. Another big trend is providing a high-performance wireless application platform that meets the demands of the market. This paper summarizes the brand-new IEEE 802.11 amendments from 11ax to 11bf under development by analyzing the innovative features and use cases on them. We provide the vision and direction for the research on the revolutionary data-hungry Wi-Fi 6 and the IEEE 802.11be, alias Wi-Fi 7.

**Keywords** : 802.11be, Wi-Fi 7, High throughput, WLAN

## I. Introduction

본 논문에서는 논의가 진행 중인 IEEE 802.11 Family Amendments 11ax에서 11bf까지의 특성(Feature) 및 활용 사례(Use Cases)를 요약해서 살펴본다[1-3]. 그리고 Wi-Fi 6 및 802.11be 기반의 Wi-Fi 7 [4,5]에 대한 전망과 연구 방향에 대해서 소개한다.

기존의 무선랜(WLAN) 연구에서도 응용 서비스 개발을 염두에 두고 802.11s, 802.11p 등의 다양한 표준들이 제안되었으나 기본적으로는 MIMO(Multiple Input Multiple Output)[6]와 같은 라디오 기술을 이용하여 전송 속도를 최대한 높이려는 방향으로 표준화 및 상용개발이 되어왔다 (ex. 802.11n/ac). 그러나 최근의 802.11 amendments의 개정 방향을 살펴보면 크게 두 가지 기류가 보인다. 하나는 기존의 연구 방향과 큰 틀에서는 비슷하다고 할 수 있는데 극단적으로 높은 속도의 무선 전송이 가능하도록 하는 것이다 (ex. 802.11ax/ay/be). 또 하나의 큰 흐름은 다양하고 실질적인 서비스를 주도하는 시장의 요구를 충족시킬 만큼의 고성능 무선 응용 플랫폼을 지향하고 있다는 점이다. 예를 들면 802.11ax[7]는 고밀도 환경 (Dense deployment)에서의 안정적인 전송에 적합하며, 802.11az는 정밀한 Indoor Location을 지원하고 802.11bf와 같은 무선랜 센싱 (sensing)의 영역까지 확장하고 있다. 이제 무선랜은 기존의 이동통신망의 데이터 오프로딩 (Data offloading) 혹은 무료로 이용할 수 있는 무선 접속기술의 영역을 완전히 벗어나 비표준 무선대역의 절대 강자 영역을 확보하고 있으며 앞으로 비약적인 발전이 자명해 보인다 [2,3].

표 1에 현재 진행 중인 IEEE 802.11 Family의 표준화 및 개정 내용에 대해서 핵심적인 내용을 [1]을 바탕으로 요약 정리하였다. II장에서 간단히 표준별 특징을 설명한다[2]. III장에서는 IEEE 802 WG이 Wi-Fi 6 (802.11ax)를 발표한 이후 뒤를 이어 곧바로 등장한 Wi-Fi 7 (802.11be)의 기술적 혁신과 표준화 동향에 대해서 설명한다. 마지막으로 IV장에서 향후 연구주제 관점에서 논한다[3].

Received 20 October 2020, Revised 20 October 2020, Accepted 23 October 2020

\* Corresponding Author Young-myung Kang(E-mail:kang\_youngmyoung@gmail.com, Tel:+82-42-520-5123)  
Staff Researcher, Networks Business, Samsung Electronics, Suwon, 16677 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.11.1554>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

**Table. 1** Features and Usage Models for the IEEE 802.11 Family Amendments

Family	Radio Technology & Features	Use Cases
802.11ax	Increased Throughput 4x per-STA throughput higher than 802.11n/ac Multiplexing (MU-MIMO and OFDMA)	Improving performance in dense environments (stadium or an airport)
802.11ay	Supports 20 Gbps in 60 Ghz SU/MU MIMO, up to 8 spatial streams Channel bonding Channel aggregation Non-uniform constellation modulation Advanced power saving features	Ultra-Short Range 8K UHD - Smart Home AR/VR and wearables Data Center Inter Rack connectivity Video / Mass-Data distribution Wireless Backhauling (w. multi-hop)
802.11az	Positioning features	Accurate indoor Navigation (sub 1m domain) Secured (authenticated and private) positioning - open my car with my smartphone Open my computer with my phone/watch.
802.11ba	Wake up radio. Low Power IoT app. Comm. Subsystem = Main radio (802.11) + LP-WUR	Smart Home Warehouse Wearables
802.11bb	Light Communications (LC) Minimum single-link throughput of 10 Mb/s Mode supporting at least 5 Gb/s	Industrial wireless applications Medical environments Enterprise Home
802.11bc	Enhanced Broadcast Service	Client end devices broadcast information to an AP, e.g. in an IoT environment, to other STAs so that any of the receiving APs act as an access node to the Internet.
802.11bd	Enhancements for Next Generation V2X Higher throughput (2x) than 802.11p Longer range (3dB lower sensitivity level) Support for positioning Backward compatibility with 11p	Support all defined DSRC/802.11p use cases Basic safety message (safety, range, backward compatibility, fairness) Sensor sharing (throughput) Multi-channel operation (safety channel + other channels) Infrastructure applications (throughput) Vehicular positioning & location Automated driving assistance (safety, throughput) Vehicle to train (high speed, long range)
802.11be	Extremely High Throughput (EHT) - up to 30 Gbps Support for low latency communications Operations in 2.4 GHz, 5 GHz, and 6 GHz bands (Targeted completion in 2023)	AR/VR 4K and 8K video streaming Remote office Cloud computing Video calling and conferencing
802.11bf	WLAN Sensing	WLAN sensing is the use of received WLAN signals to detect features of an intended target in a given environment. Measure range, velocity, angular, motion, presence, etc Detect objects, people, animals Use in room, house, car, enterprise environments

## II. Categorizing the 802.11 Amendments

본 장에서는 802.11 개정(Amendments)의 방향을 시장 요구에 따른 기술 혁신의 관점에서 카테고리별로 구분하여 소개한다.

### 2.1. Throughput 요구

전 세계적으로 50~80%의 모바일 트래픽은 Wi-Fi를 통해 전송되고 있다[2]. 이런 폭발적인 트래픽 요구량을 수용하기 위해서 802.11ax, 11ay, 11be 시리즈가 표준화되고 있다. 802.11ax는 6세대 Wi-Fi로도 불리며 공항이나 스타디움과 같은 수천에서 수만 명 이상이 모이는 복잡한 장소에서 안정적인 데이터 서비스를 제공한다. 802.11ay는 60 GHz 대역의 초고속 전송 성능을 활용하여 모바일 단말과 TV 사이에 8K 무선 전송도 가능하게 한다.

### 2.2. 새로운 응용 모델 및 기능에 대한 요구

802.11az는 실내에서 찾고자 하는 기기 위치를 1m 이내 수준의 정밀도로 찾아낸다. 또한 IoT 기기에 적합한 802.11h가 있으며, 초저전력으로 구동하는 802.11ba가 있다. 그밖에 무선랜에 센싱 기능을 확대하는 802.11bf도 있다.

## III. Wi-Fi 6 & Wi-Fi 7

현재 802.11ax를 기반으로 하는 Wi-Fi 6의 인증이 2021년으로 지연이 예상되는 가운데 Wi-Fi WG에서는 이미 두 단계 앞을 내다보고 준비를 하고 있다. 2020년 4월 미국 Federal Communication Commission (FCC)가 6GHz 대역을 비면허 대역으로 사용할 수 있도록 의견을 모으자[2], 기존 2.4 GHz 와 5 GHz에 비해 대역폭이 4배에 이르는 6GHz 대역을 사용할 수 있도록 Wi-Fi 6E(Extended)의 상용화 계획을 진행 중이다. 6GHz 대역은 채널의 개수가 많아진 것 이외에 짧은 전송거리가 차별점이다. 따라서, 고밀집 지역에서도 전송범위를 짧게 제한할 수 있다. 다음으로는 802.11be EHT[3,4]를 기반으로 Wi-Fi 7 인증을 계획하고 있다. 그림 1에 이와 관련된 타임라인이 자세하게 정리되어 있다[2].

802.11be는 실시간 응용서비스를 위한 TSN (Time-Sensitive Networking)[4]을 위해 어떤 혁신적인 기능을 적용할지 활발하게 논의중이며 후보군으로 올라있는 각 기능에 대한 설명은 표 2에 정리하였다[3].

## IV. Discussion & Conclusion

802.11의 경우 다중링크통신(Multi-Link Operation)을 사용하는 방식과 AP 간의 협력을 통한 Coordinated beamforming 기술 등이 매우 중요한 역할을 할 것으로 보인다. 그러나 초저지연 전송을 유지하면서 협력 통신을

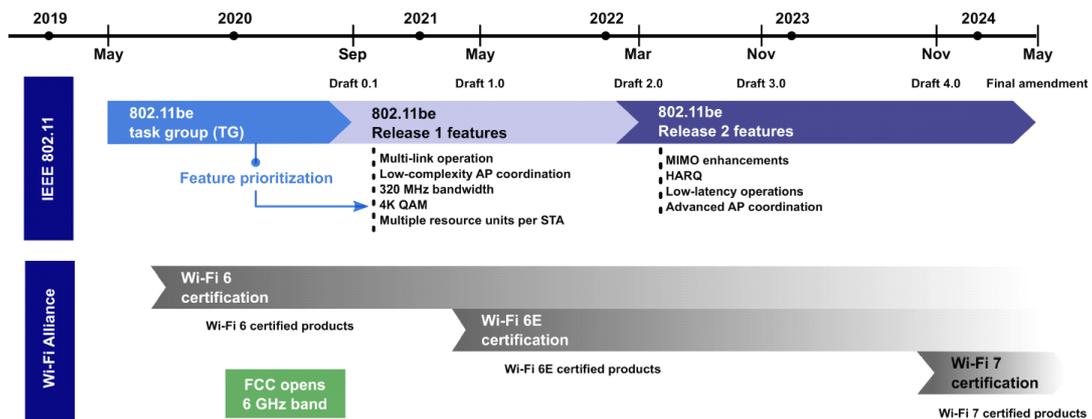


Fig. 1 Illustration of the current Wi-Fi 7 standards, certification, and commercialization timelines

**Table. 2** The Innovative 802.11be EHT Features

Family	Nominal Throughput	Interference Mitigation	Spectrum Efficiency	Real-Time Applications
EHT PHY	4096 QAM, 320 MHz, 16x16 MU-MIMO		EHT Preamble	
EDCA with 802 TSN Features		Preamble puncturing		IEEE 802 TSN, Faster Backoff, New Access Categories, TXOP capturing
Enhanced OFDMA			Multi-RU, Direct links	Enhanced UORA
Multi-link Operation	Multi-link Architecture	Synchronous Channel Access	Virtual BSS	Asynchronous Channel Access, Packet Duplication, Queue Management, Dynamic Link Switching
Channel Sounding Optimization			Implicit Sounding, Explicit Feedback, Channel Estimation	
Advanced PHY	Full Duplex		HARQ, NOMA / SOMA	
Multi-AP Cooperation		Null steering, Co-OFDMA, CSR	Distributed MU-MIMO, Multi-AP Sounding	Joint Reception

하려면 링크단의 메시지 전송 오버헤드를 줄일 수 있는 새로운 프로토콜 개발이 필요하다. 한편 엄격한 -38 dB EVM을 요구하여 채널환경에 따라 성능이 급격하게 변할 수 있는 4096-QAM의 링크 전환 알고리즘에 대한 요구사항이 예상된다. 그 외에도 향후 Wi-Fi의 메인스트림이 될 것으로 보이는 802.11be의 성능을 개선하는 것과 동시에 실질적인 응용서비스 개발에 대한 요구사항을 만족시키는 것도 역시 중요한 연구주제가 될 것이다.

## REFERENCES

- [ 1 ] D. Stanley, (2019, Sept) IEEE 802.11 Overview and Amendments under development [Internet]. Available: [https://www.broadbandindiaforum.com/images/IEEE\\_802-11-Overview\\_-\\_26th\\_August\\_2019.pdf](https://www.broadbandindiaforum.com/images/IEEE_802-11-Overview_-_26th_August_2019.pdf)
- [ 2 ] A. Garcia-Rodriguez, D. Lopez-Perez, Lorenzo Galati-Giordano, and G. Geraci, "IEEE 802.11be: Wi-Fi 7 Strikes Back," [Internet]. Available: <https://arxiv.org/abs/2008.02815>
- [ 3 ] E. Khorov, I. Levitsky, and I. Akyildiz, "Current status and directions of IEEE 802.11be, the future Wi-Fi 7," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 664 - 688, May. 2020.
- [ 4 ] D. Lopez-Perez, A. Garcia-Rodriguez, L. Galati-Giordano, M. Kasslin, and K. Doppler, "IEEE 802.11be Extremely High Throughput: The next generation of Wi-Fi technology beyond 802.11ax," *IEEE Communications Magazine*, vol. 57, no. 9, pp. 113 - 119, Sep. 2019.
- [ 5 ] T. Adame, M. Carrascosa, and B. Bellalta, "Time-sensitive networking in IEEE 802.11be: On the way to low-latency Wi-Fi 7," [Internet]. Available: arXiv: 1912.06086, Dec. 2019.
- [ 6 ] A. Garcia-Rodriguez, G. Geraci, L. G. Giordano, A. Bonfante, M. Ding, and D. Lopez-Perez, "Massive MIMO unlicensed: A new approach to dynamic spectrum access," *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, no. 6, pp. 186 - 192, Jun. 2018.
- [ 7 ] IEEE Std. 802.11, P802.11ax - *IEEE Draft Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment Enhancements for High Efficiency WLAN*, 2018.